

ОТЗЫВ

официального оппонента Бушуева С.В. на диссертационную работу **Надежкиной Снежаны Андреевны** на тему **«Разработка методики контроля сопротивления токопроводящих стыков рельсовых линий на основе принципов распознавания образов»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок (технические науки)

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Приволжский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО ПривГУПС).

1. Актуальность темы диссертации

Непрерывное увеличение весовых норм, осевых нагрузок и скоростей движения поездов повышает требования к надежности напольного оборудования железнодорожной автоматики и телемеханики. Как показано в диссертации, токопроводящие рельсовые стыки остаются одним из самых уязвимых компонентов рельсовых цепей – первичных датчиков систем интервального управления движением поездов. По статистическим данным до 22 % неисправностей рельсовой линии обусловлены дефектами стыков, причем в 40 % случаев отказы рельсовых цепей связаны с повреждениями именно стыковых соединителей, а деградационные отказы доминируют в общей структуре неисправностей. Существующие методы контроля, опирающиеся на ручной визуальный осмотр и эпизодические замеры с последующей ручной фиксацией результатов, не обеспечивают непрерывности мониторинга и не позволяют с требуемой достоверностью выявлять предотказные состояния токопроводящих стыков, особенно в условиях интенсивного движения и воздействия дестабилизирующих факторов.

В этой связи, разработка методики, которая базируется на принципах распознавания многомерных образов, сформированных из совокупности электрических параметров рельсовой линии, и позволяет в автоматизированном режиме непрерывно оценивать текущее сопротивление и координату токопроводящего стыка с повышенным сопротивлением, является актуальным решением. Реализация такого подхода создает условия для перехода к обслуживанию по фактическому состоянию, что полностью соответствует стратегическим документам холдинга ОАО «РЖД» и государственным приоритетам научно-технологического развития. Таким

образом, тема диссертационного исследования Надежкиной С.А. является, безусловно, актуальной.

2. Степень обоснования научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе

Основные научные положения, выносимые на защиту, представляют собой комплекс новых, научно обоснованных технических решений по созданию методики непрерывной диагностики сопротивлений токопроводящих стыков с использованием современных информационных технологий.

Традиционные способы контроля технического состояния токопроводящих рельсовых стыков, базирующиеся на эпизодическом визуальном осмотре и ручных замерах сопротивлений с последующей ручной фиксацией результатов, обладают низкой эффективностью и точностью результатов оценки состояния сопротивления стыков, что не позволяет непрерывно отслеживать динамику изменения сопротивления стыка и достоверно выделять предотказные состояния для предотвращения нештатной ситуации. Подобный контроль восприимчив к колебаниям первичных параметров рельсовых линий, климатическим и эксплуатационным дестабилизирующим воздействиям, что существенно затрудняет своевременную локализацию неисправного стыка.

Разработанная автором Надежкиной С.А. методика контроля сопротивления токопроводящих стыков, опирающаяся на принципы распознавания образов, позволяет решить указанные проблемы. Методика предусматривает формирование многомерных образов состояний из совокупности информативных признаков – комплексных амплитуд напряжений и токов на входе рельсовой линии, селекцию и ранжирование информативных признаков по критерию параметрической чувствительности, синтез множества диагностирующих функций с двухуровневой классификацией диапазона изменения сопротивлений стыков и построение решающих правил с использованием последовательного анализа Вальда. Такой подход дает возможность в автоматизированном режиме непрерывно определять как текущую величину сопротивления, так и координату стыка с повышенным сопротивлением, обеспечивая устойчивое распознавание сопротивления стыка в широком, хотя и ограниченном, диапазоне вариации первичных параметров рельсовой линии и влияния внешних возмущающих факторов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечена корректным применением фундаментальных положений теории электрических цепей с распределенными параметрами, принципов распознавания образов и матричного исчисления. Автором Надежкиной С.А. разработаны и сопоставлены схемы замещения рельсовой линии с однородными и распределенно-дискретными параметрами, что позволило доказательно обосновать необходимость учета при разработке математических моделей вклада сопротивлений токопроводящих стыков в полное продольное сопротивление рельсовой линии.

Предложенная методика селекции и ранжирования первичных информативных признаков на основе оценки их параметрической чувствительности позволила сформировать рабочее множество наиболее информативных признаков. Выдвинутые соискателем научные положения, выводы и рекомендации глубоко обоснованы; их достоверность подтверждается корректным применением известного математического аппарата, приемлемостью сделанных допущений, результатами имитационного моделирования, выполненного в программной среде Python, и согласованностью теоретических расчетов с экспериментальными данными.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации диссертационной работы прошли широкую апробацию на 11 международных и всероссийских научно-практических конференциях, получив положительную оценку экспертов. По теме диссертации опубликовано 22 научные работы, в том числе 8 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, получен 1 патент на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Достоверность и практическая значимость полученных результатов подтверждена их внедрением: при расширении функциональных возможностей проектируемых систем диагностики устройств железнодорожной автоматики и телемеханики в Желдорпроект Поволжья – филиале АО «Росжелдорпроект», а также в учебном процессе ФГБОУ ВО ПривГУПС при проведении занятий по дисциплинам «Рельсовые цепи», «Математическое моделирование систем и процессов» и «Технологии пакетной коммутации». Исследования выполнены в рамках госбюджетной НИР ПривГУПС и поддержаны программами «УМНИК» и «Молодой ученый Самарской области».

3. Новизна и достоверность полученных результатов

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- разработаны математические модели первичных информативных признаков, элементов образов состояний сопротивлений рельсовых линий, отличающиеся от известных моделей распределенным сопротивлением рельсов и дискретным представлением токопроводящих стыков в пределах рельсовой линии рельсовой цепи, позволяющие формировать диагностические функции вычисления величины сопротивления и координаты токопроводящих стыков с повышенным сопротивлением;
- предложена методика диагностики сопротивлений токопроводящих стыков и определения координаты токопроводящих стыков с повышенным сопротивлением на основе принципов распознавания образов с множеством диагностирующих функций и многомерным пространством образов, сформированных из первичных информативных признаков ранжированием признаков на основе оценки их параметрической чувствительности, а также двухуровневой классификации диапазона изменения сопротивлений и определения координат стыков, позволяющей сформировать решающие правила определения стыков с повышенной проводимостью с использованием диагностических функций;
- разработан алгоритм функционирования устройства распознавания сопротивления токопроводящих стыков, отличающийся от известных применением множества диагностических функций, реализованный в микропроцессорном модуле с предварительно обученным классификатором, а также с использованием отказоустойчивой кольцевой топологии сети передачи данных на основе волоконно-оптических систем передачи данных, позволяющий подтвердить адекватность методики распознавания сопротивления токопроводящих стыков.

Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались и получили одобрение на научно-практических конференциях различного уровня, а также на заседаниях кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» ПривГУПС, г. Самара, 2024–2025 гг. и расширенных заседаниях кафедры с участием специалистов профильных организаций в 2025–2026 гг.

Новизна темы диссертационного исследования подтверждается наличием основополагающего патента на полезную модель «Устройство контроля и диагностики параметров аппаратуры рельсовой цепи» (№ RU 231143 от

13.01.2025 г.) и двух свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, что в совокупности с опубликованными научными работами свидетельствует о личном вкладе автора в создание методики распознавания сопротивлений токопроводящих стыков.

Достоверность научных результатов и выводов диссертационной работы обусловлена:

– совпадением результатов, полученных при проведении теоретических исследований с использованием разработанных математических моделей входных и выходных электрических параметров рельсовой линии, с практическими данными, полученными при машинном исследовании в программной среде Python;

– сопоставлением вычисленных значений сопротивления токопроводящих стыков диагностической функцией с экспериментальными данными, которое показало погрешность вычисления от 3,1 % до 7,5 %.

4. Теоретическая и практическая ценность полученных результатов и выводов

Разработанные автором Надежкиной С.А. математические модели входных и выходных электрических параметров рельсовой линии с распределенно-дискретными параметрами, методика селекции и ранжирования первичных информативных признаков на основе оценки их параметрической чувствительности, принципы формирования множества диагностирующих функций с двухуровневой классификацией диапазона изменения сопротивлений, а также алгоритм функционирования устройства распознавания с решающими правилами на базе последовательного анализа Вальда позволили создать методику непрерывного контроля сопротивлений токопроводящих стыков, обеспечивающую достоверное определение как величины сопротивления, так и координаты стыка с повышенным сопротивлением в условиях изменения первичных параметров рельсовых линий и воздействия дестабилизирующих факторов. Тем самым, достигается расширение функциональных возможностей существующих систем технической диагностики и мониторинга устройств ЖАТ.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы и полученных автором результатов подтверждается следующим:

1. Обосновано, что разработанные математические модели входных и выходных электрических параметров рельсовой линии, основанные на каскадном соединении четырехполюсников рельсовых линий с

распределенными параметрами и дискретно выделенных сопротивлений токопроводящих стыков, позволяют формировать априорный алфавит информативных признаков, однозначно зависящих от величины и координаты токопроводящего стыка, и создавать многомерные образы их состояний.

2. Показано, что предложенная методика селекции и ранжирования первичных признаков, использующая количественную оценку параметрической чувствительности схемных функций (коэффициенты чувствительности модулей и фаз напряжений и токов) к изменению сопротивления стыка, дает возможность сформировать рабочее множество наиболее информативных признаков минимальной размерности.

3. Доказано, что методика распознавания сопротивлений токопроводящих стыков с применением множества диагностирующих функций и двухуровневой классификацией диапазона изменения сопротивлений позволяет определять координату стыка с повышенным сопротивлением с относительной погрешностью не более 5,22 % и величину сопротивления с относительной погрешностью не более 1,4 %.

4. Показано, что разработанный алгоритм функционирования устройства распознавания, реализующий обученный микропроцессорный классификатор и решающие правила на основе последовательного анализа Вальда, а также архитектура с отказоустойчивой кольцевой топологией передачи данных по волоконно-оптическим линиям связи, обеспечивают техническую реализацию предложенной методики и подтверждают ее адекватность.

Практическая значимость диссертационной работы обоснована, в частности, созданием архитектуры устройства распознавания сопротивления токопроводящих стыков, включающей измерительные каналы на базе датчиков тока и напряжения, модули аналогового ввода и микропроцессорный модуль с классификатором сопротивлений.

Практическая ценность работы подтверждается опытом внедрения результатов диссертационных исследований: при расширении функциональных возможностей проектируемых систем диагностики устройств железнодорожной автоматики и телемеханики в Желдорпроект Поволжья – филиале АО «Росжелдорпроект», а также в учебном процессе ФГБОУ ВО ПривГУПС на кафедре «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте». Исследования выполнены при финансовой поддержке госбюджетной НИР ПривГУПС, программы «УМНИК» в 2025 году и конкурса «Молодой Ученый Самарской области» в номинации «Аспирант» в 2024 году.

Основные положения и результаты диссертационных исследований доложены и прошли обсуждение на международных и всероссийских научно-практических конференциях, в том числе: XVI–XVIII Международной научно-практической конференции «Наука и образование транспорту» (г. Самара, 2024–2025 гг.); IX Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) «Образование – Наука – Производство» (г. Чита, 2025 г.); XIII Международной научно-технической конференции «Политранспортные системы» (г. Новосибирск, 2024 г.); Международной научно-практической конференции «Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования» (г. Казань, 2025 г.); а также на ежегодных заседаниях кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» ПривГУПС (2024–2026 гг.).

Положения диссертационной работы и научные результаты опубликованы в 22 научных работах, в том числе 8 – в ведущих рецензируемых журналах, определенных ВАК Минобрнауки России для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций, получен 1 патент на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

5. Общая оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа Надежкиной Снежаны Андреевны состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Материалы диссертации изложены на 193 страницах текста, содержат 57 рисунков, 8 таблиц и 8 приложений. Библиографический список включает 104 наименования.

Первая глава посвящена комплексному анализу проблемы обеспечения надежности токопроводящих рельсовых стыков. На основе статистических данных об отказах устройств железнодорожной автоматики и телемеханики за 2020–2024 гг. выявлена доминирующая роль деградационных процессов в повреждениях стыковых соединителей. Выполнен обзор существующих принципов и приборов контроля токопроводящих стыков, а также современных подходов к диагностированию и мониторингу устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Обоснована необходимость разработки методики непрерывного контроля сопротивления стыков на основе принципов распознавания образов, сформулированы требования к методике и определены основные задачи исследования.

Во второй главе разработаны математические модели входных и выходных электрических параметров рельсовой линии как линии с распределенными параметрами. Рассмотрены первичные параметры однородной рельсовой линии: продольное сопротивление, индуктивность и полная проводимость. Предложено представлять рельсовую линию в виде каскадного соединения четырехполюсников с распределенно-дискретными параметрами, что позволило выделить вклад сопротивлений токопроводящих стыков в полное продольное сопротивление. Сформирован априорный алфавит первичных информативных признаков – комплексных амплитуд напряжений и токов на входе и выходе рельсовой линии, однозначно зависящих от величины и координаты токопроводящих стыков.

Третья глава содержит разработку принципов распознавания сопротивлений токопроводящих стыков. Изложены основные положения формирования диагностических функций, этапы их параметрического синтеза. Предложена и реализована методика селекции и ранжирования первичных признаков на основе оценки их параметрической чувствительности, позволившая сформировать рабочее множество наиболее информативных параметров. Разработан алгоритм формирования диагностирующей функции с двухуровневой классификацией диапазона изменения сопротивлений токопроводящих стыков. Показано, что применение множества диагностических функций и решающих правил на основе последовательного анализа Вальда обеспечивает определение величины сопротивления токопроводящих стыков с относительной погрешностью не более 1,4 % и координаты стыка с относительной погрешностью не более 5,22 %.

В четвертой главе разработана архитектура устройства распознавания сопротивления токопроводящих стыков и места неисправности. Сформулированы технические требования к системе, выполнен допусковый анализ диагностической функции. Предложена структурная схема устройства, включающая измерительные каналы на базе датчиков тока и напряжения, микропроцессорный модуль с обученным классификатором. Обоснован переход от линейной топологии передачи данных к отказоустойчивой кольцевой топологии на основе волоконно-оптических линий связи с механизмами инкапсуляции и деинкапсуляции диагностической информации. Разработана процедура формирования обобщенной диагностической функции сопротивления и координаты токопроводящих стыков.

В заключении обобщены основные научные и практические результаты выполненного исследования, сформулированы общие выводы по диссертационной работе.

Содержание разделов диссертационной работы позволяет сделать вывод о полном соответствии темы диссертации научной специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок (технические науки).

6. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертационной работы, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

В первой главе:

– на рисунках 1.2 и 1.3 представлено распределение отказов устройств ЖАТ и рельсового пути, однако не выделен отдельно отрицательный вклад токопроводящих стыков в нарушение графика движения поездов и связанные с этим потери поездо-часов;

– в аналитическом обзоре современных подходов к диагностированию недостаточно внимания уделено зарубежным системам непрерывного мониторинга компонентов рельсовых линий, что могло бы обогатить сравнительный анализ.

Во второй главе:

– при задании диапазона изменения проводимости изоляции (от 0.025 до 4 См/км) не указано, каким климатическим условиям (влажность, температура) соответствуют граничные значения, что могло бы помочь интерпретации результатов;

– в разделе, посвященном машинному исследованию коэффициентов чувствительности, можно было бы указать шаг дискретизации изменения сопротивления ТПС, что упростило бы интерпретацию полученных результатов.

В третьей главе:

– при исследовании параметрической чувствительности выбран шаг вариации сопротивления ТПС 25 %, 50 %, 100 %, 125 %; можно было бы пояснить, почему взят именно такой ряд, а не более мелкий шаг;

– в некоторых местах отсутствуют знаки комплексных амплитуд, хотя в контексте рассматриваются именно комплексные амплитуды.

В четвертой главе:

– структурная схема архитектуры устройства (рис. 4.3) могла бы быть дополнена элементами защиты измерительных цепей от перенапряжений, что повысило бы завершенность проектного решения;

– в архитектуре кольцевой топологии передачи данных (рис. 4.14) можно было добавить оценку максимальной задержки передачи диагностического пакета в кольце по сравнению с линейной топологией.

В целом, результаты, полученные автором, представляют собой новые научные знания в области создания методик непрерывной диагностики компонентов рельсовых линий, а именно — в разработке методов распознавания сопротивлений токопроводящих стыков на основе анализа многомерных образов и множества диагностирующих функций.

Высказанные по работе замечания не носят принципиального характера и не снижают общей высокой положительной оценки диссертационной работы Надежкиной С.А., ее научной новизны, теоретической и практической значимости, а также достоверности полученных результатов. Диссертация представляет собой завершённое научное исследование, в котором предложено новое научно-обоснованное решение актуальной научно-технической задачи — разработки методики контроля сопротивления токопроводящих стыков на основе принципов распознавания образов, имеющей существенное значение для повышения надежности и безопасности перевозочного процесса на железнодорожном транспорте.

7. Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011

Диссертация и автореферат по структуре и правилам оформления отвечают требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Список использованных источников в диссертации оформлен в соответствии с п. 5.6 данного стандарта, а библиографический список в автореферате – с п. 9.3 ГОСТ Р 7.0.11-2011 и ГОСТ 7.1-2003. Изложение материала диссертации характеризуется ясностью и логичностью; основные выводы и положения по каждой из глав и по работе в целом убедительно аргументированы. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и отражает все основные положения, выносимые на защиту.

8. Заключение о соответствии диссертации требованиям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842

Диссертационная работа Надежкиной Снежаны Андреевны на тему «Разработка методики контроля сопротивления токопроводящих стыков рельсовых линий на основе принципов распознавания образов» полностью соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а именно:

– п. 9: диссертационная работа на соискание учёной степени кандидата наук является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором на высоком научном уровне. Автором изложены новые научно обоснованные методические и технические решения по созданию методики непрерывной диагностики токопроводящих стыков, внедрение которых имеет существенное значение для повышения надежности и безопасности управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте;

– п. 10: диссертация написана соискателем самостоятельно, обладает внутренним единством. Она содержит новые научно обоснованные результаты и предложения, которые могут быть рекомендованы для использования на сети Российских железных дорог. Опубликованные научные статьи и доклады на представительных конференциях подтверждают личный вклад автора в науку;

– п. 11: основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть представлены основные научные результаты на соискание учёной степени кандидата наук;

– п. 13: Надежкиной С.А. по теме диссертации опубликовано 22 научные работы, в том числе 8 статей в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для публикации результатов кандидатских диссертаций. Получен 1 патент на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ;

– п. 14: в тексте диссертации Надежкина С.А. надлежащим образом ссылается на авторов и (или) источники заимствования материалов или отдельных результатов, а также на собственные научные работы, выполненные как единолично, так и в соавторстве.

Представленная диссертационная работа Надежкиной С.А. «Разработка методики контроля сопротивления токопроводящих стыков рельсовых линий на основе принципов распознавания образов» отвечает всем требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор,

ОТЗЫВ

официального оппонента Соколова М.М.

на диссертационную работу

Надежкиной Снежаны Андреевны

на тему «**Разработка методики контроля сопротивления токопроводящих стыков рельсовых линий на основе принципов распознавания образов**», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок (технические науки)

1. Актуальность темы диссертации

Обеспечение стабильной и безотказной работы напольных устройств железнодорожной автоматики является одним из ключевых факторов безопасности и надежности перевозочного процесса. Особое место среди этих устройств занимают рельсовые цепи, выполняющие функцию первичных датчиков состояния рельсовых линий. В их составе такие элементы, как токопроводящие стыки, относятся к наиболее уязвимым компонентам. Как отмечено в диссертационной работе, до 22 % неисправностей рельсовых линий вызваны дефектами в зоне стыков, причём 40 % всех отказов рельсовых цепей связаны именно с повреждениями стыковых соединителей. При этом деградационные процессы доминируют в структуре отказов, что говорит о недостаточной эффективности существующей системы планово-предупредительного технического обслуживания.

Применяемые в настоящее время способы контроля сопротивления токопроводящих стыков ориентированы на визуальный осмотр и ручные измерения с последующей ручной фиксацией результатов. Такие мероприятия трудоёмки, не обеспечивают непрерывности мониторинга и не позволяют своевременно выявлять предотказные состояния. Существующие системы технической диагностики и мониторинга контролируют напряжение на выходе рельсовой цепи, но не выделяют вклад отдельного токопроводящего стыка в общее продольное сопротивление рельсовой линии, что не даёт возможности локализовать конкретное место неисправности стыка с повышенным сопротивлением.

В связи с этим, разработка методики, которая на основе принципов распознавания образов позволяет непрерывно определять как величину сопротивления, так и координату стыка с повышенным сопротивлением, является актуальной научно-технической задачей.

Её решение направлено на переход к обслуживанию по фактическому состоянию и в полной мере соответствует стратегическим документам холдинга ОАО «РЖД» и государственным приоритетам научно-технологического развития.

Таким образом, тема диссертационной работы Надежкиной С. А. «Разработка методики контроля сопротивления токопроводящих стыков рельсовых линий на основе принципов распознавания образов» является, безусловно, актуальной.

2. Степень обоснования научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе

Научные положения, сформулированные в диссертации и выносимые на защиту, представляют собой комплекс новых, научно обоснованных технических и методических решений по созданию методики непрерывной диагностики сопротивлений токопроводящих стыков с использованием принципов распознавания образов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечены корректным применением фундаментальных положений теории электрических цепей с распределёнными параметрами, методов распознавания образов, теории матричного исчисления и численных методов. Автором разработаны распределённо-дискретные схемы замещения рельсовой линии, позволяющие выделить вклад сопротивлений токопроводящих стыков в полное продольное сопротивление, а также предложена и реализована методика селекции и ранжирования первичных информативных признаков на основе анализа их параметрической чувствительности.

Достоверность выводов подтверждается результатами машинных исследований, выполненных в среде Python, с разделением данных на обучающую, тестовую и контрольную выборки. Синтезированные диагностические функции показали погрешность вычисления сопротивления токопроводящих стыков в диапазоне от 3,1 % до 7,5 % при сопоставлении с экспериментальными данными, полученными в реальных условиях эксплуатации.

Основные результаты прошли апробацию на 11 международных и всероссийских научно-практических конференциях, опубликованы в 22 научных работах, в том числе 8 статей в рецензируемых изданиях из перечня

ВАК, защищены патентом на полезную модель и двумя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Достоверность также подтверждается актами внедрения результатов в проектную деятельность Желдорпроект Поволжья – филиала АО «Росжелдорпроект» и в учебный процесс ФГБОУ ВО ПривГУПС на кафедре «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» при проведении практических и лабораторных занятий по курсам «Рельсовые цепи», «Математическое моделирование систем и процессов» и «Технологии пакетной коммутации».

3. Новизна и достоверность полученных результатов

Автором диссертационного исследования Надежкиной С.А. разработан и теоретически обоснован комплекс новых научно-методических решений, составляющих основу методики непрерывного контроля сопротивления токопроводящих стыков рельсовых линий на базе принципов распознавания образов. Ключевыми элементами этого комплекса являются распределенно-дискретные математические модели входных и выходных электрических параметров рельсовой линии, учитывающие каскадное соединение четырехполюсников однородных участков пути и сосредоточенных сопротивлений токопроводящих стыков, что позволяет формировать априорное пространство информативных признаков, адекватно отражающих изменение величины и координаты неисправного стыка. Предложенная методика селекции и ранжирования первичных признаков, основанная на количественной оценке параметрической чувствительности схемных функций к вариации сопротивления токопроводящих стыков, дает возможность выделить рабочее множество наиболее информативных параметров минимальной размерности, исключая избыточность измерительных каналов.

Разработанный алгоритм синтеза диагностирующих функций использует аппарат машинного обучения с контролируемым разделением данных на обучающую, тестовую и контрольную выборки, а для преодоления погрешностей, возникающих при широком динамическом диапазоне сопротивлений, реализована двухуровневая классификация пространства состояний стыков с формированием множества специализированных полиномиальных функций для каждого поддиапазона.

В процессе исследования автором Надежкиной С.А. получен ряд новых научно обоснованных результатов, которые заключаются в следующем:

1. Разработаны математические модели первичных информативных признаков, элементов образов состояний сопротивлений рельсовых линий, отличающиеся от известных моделей распределенным сопротивлением рельсов и дискретным представлением токопроводящих стыков в пределах рельсовой линии рельсовой цепи, позволяющие формировать диагностические функции вычисления величины сопротивления и координаты токопроводящих стыков с повышенным сопротивлением.

2. Предложена методика диагностики сопротивлений токопроводящих стыков и определения координаты токопроводящих стыков с повышенным сопротивлением на основе принципов распознавания образов с множеством диагностирующих функций и многомерным пространством образов, сформированных из первичных информативных признаков ранжированием признаков на основе оценки их параметрической чувствительности, а также двухуровневой классификации диапазона изменения сопротивлений и определения координат стыков, позволяющей сформировать решающие правила определения стыков с повышенной проводимостью с использованием диагностических функций;

3. Разработан алгоритм функционирования устройства распознавания сопротивления токопроводящих стыков, отличающийся от известных применением множества диагностических функций, реализованный в микропроцессорном модуле с предварительно обученным классификатором, а также с использованием отказоустойчивой кольцевой топологии сети передачи данных на основе волоконно-оптических систем передачи данных, позволяющий подтвердить адекватность методики распознавания сопротивления токопроводящих стыков.

Достоверность научных положений и выводов, изложенных в диссертационной работе, подтверждена актами об использовании результатов, а также удовлетворительной сходимостью теоретических и экспериментальных данных.

Новыми также являются предложенные автором технические решения по построению архитектуры устройства распознавания сопротивления токопроводящих стыков. Предложенная структурно-функциональная схема опирается на измерительные каналы, выполненные на базе датчиков тока и напряжения, модули аналогового ввода и микропроцессорный модуль с предварительно обученным классификатором, что полностью удовлетворяет промышленным требованиям, предъявляемым к аппаратуре железнодорожной автоматики и телемеханики.

4. Теоретическая и практическая ценность полученных результатов и выводов

Теоретическая значимость работы заключается в расширении научных основ диагностики рельсовых линий, разработке математических моделей, связывающих комплексные амплитуды напряжений и токов с сопротивлениями токопроводящих стыков, и методике оценки информативности признаков на основе параметрической чувствительности.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в создании архитектуры устройства распознавания сопротивления токопроводящих стыков. Разработанная методика, основанная на измерении модулей напряжения и тока на питающем конце рельсовой линии и последующем вычислении сопротивлений с помощью обученных диагностических функций, позволяет:

- вести непрерывный мониторинг сопротивления всех токопроводящих стыков на протяженном блок-участке;
- с высокой точностью определять координату стыка с повышенным сопротивлением (относительная ошибка не более 5,22 %) и величину этого сопротивления (относительная ошибка не более 1,4 %);
- формировать информацию о предотказных состояниях для планирования ремонтных работ.

Результаты исследования использованы при расширении функциональных возможностей систем диагностики устройств железнодорожной автоматики и телемеханики в Желдорпроект Поволжья – филиале АО «Росжелдорпроект», а также внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО ПривГУПС.

Основные положения и результаты диссертации прошли обсуждение на международных и всероссийских конференциях, в том числе: «Наука и образование транспорту» (Самара, 2024–2025 гг.), «Политранспортные системы» (Новосибирск, 2024 г.), «Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования» (Казань, 2025 г.) и др.

Диссертация выполнена согласно плану исполнения госбюджетного НИР ПривГУПС, финансируемого за счет федерального бюджета в соответствии приоритетным направлениям и Стратегии научно-технического развития РФ, утвержденных Указом Президента РФ от 1.12.2016 №612 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», код научной темы PNML-2024-0004, №124040100033-0, тема: «Разработка

многопараметральных обучаемых классификаторов состояний рельсовых линий с подстраиваемой моделью в канале самонастройки».

5. Общая оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа Надежкиной Снежаны Андреевны состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (104 наименования) и 8 приложений. Общий объём составляет 193 страницы, включая 57 рисунков и 8 таблиц.

Во введении чётко сформулированы цель и задачи, обоснована актуальность, отражена научная новизна и практическая ценность.

Первая глава посвящена анализу отказов рельсовых цепей и роли токопроводящих стыков в нарушениях их функционирования. Выполнен аналитический обзор существующих методов и средств контроля состояния токопроводящих стыков, а также современных подходов к диагностированию и мониторингу устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Автором предложена методика непрерывного распознавания текущего состояния токопроводящих стыков, которая включает в себя формирование множества диагностирующих функций на основе образов состояний, сформированных из входных и выходных электрических информативных параметров рельсовой линии, позволяющих автоматизировано и своевременно локализовать координату, производить мониторинг величины сопротивления токопроводящих стыков, а также диагностировать предотказное состояние токопроводящих стыков.

Во второй главе разработаны математические модели входных и выходных электрических параметров рельсовой линии. Предложено представлять рельсовую линию в виде каскадного соединения четырёхполюсников с распределённо-дискретными параметрами, что позволило адекватно учитывать влияние сопротивлений токопроводящих стыков.

Третья глава содержит разработку принципов распознавания сопротивлений токопроводящих стыков. Выполнен параметрический синтез диагностических функций, проведено ранжирование признаков на основе анализа параметрической чувствительности. Предложена двухуровневая классификация диапазона сопротивлений токопроводящих стыков, что позволило добиться требуемой точности локализации стыка.

В четвёртой главе разработана архитектура устройства распознавания сопротивления токопроводящих стыков, состоящей из технологического цикла проектирования и способов технической реализации, состоящей из

этапов, включающих технические требования к архитектуре, допускового анализа диагностирующей функции в виде исследования критериев чувствительности схемной (диагностической) функции к изменению параметров элементов схем, разработки структурно – функциональной схемы распознающей системы сопротивления токопроводящих стыков.

В заключении обобщены основные научные и практические результаты выполненного исследования, сформулированы общие выводы по диссертационной работе.

Содержание глав логически взаимосвязано и полностью соответствует поставленным задачам. Тема диссертации соответствует научной специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок (технические науки).

6. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертационной работы, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

В целом диссертационная работа Надежкиной С.А. выполнена на высоком научном уровне, обладает внутренним единством и содержит новые научные знания в области диагностики токопроводящих стыков. Математические модели и алгоритмы, предложенные автором, универсальны и могут применяться при синтезе систем классификации состояний рельсовых линий.

Вместе с тем, по работе имеются следующие замечания:

1. В работе некорректно применен термин «диагностика сопротивлений» токопроводящего стыка. Не понятна разница между терминами «диагностика сопротивлений», «диагностика состояний сопротивления», «диагностика состояния токопроводящих стыков», «оценивание технического состояния», «распознавания сопротивления», «оценивание сопротивлений ТПС». Последние два кажутся наиболее корректными, но во введении автор делает акцент именно на «диагностике».

2. В тексте встречается использование «странной» терминологии: «мощные тяговые токи», «концентрированная информация», «критическая точка невозврата жизненного цикла», микропроцессор – «мозг».

3. Из текста работы не ясно, что понимается в итоге под ТПС. На стр. 43 сказано, что в ТПС не входят стыковые соединители.

4. Не ясно, предполагает ли разрабатываемая методика использовать сигналы существующих РЦ или дооснащения каждого участка рельсовой линии новыми техническими средствами.

5. При сопоставлении результатов, полученных по двум разным математическим моделям (однородная и распределённо-дискретная), употреблены термины «погрешность» и «ошибка», тогда как по отношению к сравнению моделей уместнее говорить об отклонении или различии.

6. Рисунок 2.12 размещён внутри раздела 2.4, а не в конце главы, что немного нарушает логику визуального представления итоговых материалов главы.

7. Расчёты выполнены для фиксированной частоты 50 Гц, и в работе не приведены количественные оценки применимости полученных диагностических функций для других частот сигнального тока, используемых в рельсовых цепях.

8. В работе не обоснован диапазон исследуемых проводимостей (0,25 – 40 См на км).

9. В тексте присутствуют отдельные опечатки и стилистические погрешности, не влияющие на содержание, но требующие корректуры.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Надежкиной С.А., её научной новизны, значимости и достоверности полученных результатов. Работа представляет собой новое научно-техническое решение актуальной задачи и имеет существенное значение для железнодорожного транспорта.

7. Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011

Диссертация и автореферат по структуре и правилам оформления отвечают требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Список использованных источников в диссертации оформлен в соответствии с п. 5.6 данного стандарта, а библиографический список в автореферате – с п. 9.3 ГОСТ Р 7.0.11-2011 и ГОСТ 7.1-2003. Материал диссертационной работы изложен ясно и логично, основные выводы и положения по каждой главе и всей работе в целом аргументированы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и отражает основные положения, выносимые на защиту.

8. Заключение о соответствии диссертации требованиям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842

Диссертационная работа Надежкиной Снежаны Андреевны на тему «Разработка методики контроля сопротивления токопроводящих стыков рельсовых линий на основе принципов распознавания образов» полностью соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а именно:

– п. 9: диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором на высоком научном уровне. В ней изложены новые научно обоснованные методические и технические решения, имеющие существенное значение для развития железнодорожного транспорта и, следовательно, для развития экономики нашей страны;

– п. 10: диссертация написана соискателем самостоятельно, обладает внутренним единством. Работа содержит новые научно обоснованные результаты и предложения, которые рекомендованы для применения на сети Российских железных дорог, а материалы, представленные в научных статьях и на научных конференциях, свидетельствуют о личном вкладе автора Надежкиной С.А. в науку;

– п. 11: основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук;

– п. 13: автором опубликовано по теме диссертации 22 научные работы, в том числе 8 – в ведущих рецензируемых журналах, определённых ВАК Минобрнауки России для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций, получены 1 патент на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ;

– п. 14: в тексте диссертации Надежкина С.А. надлежащим образом ссылается на авторов и (или) источники заимствования материалов или отдельных результатов, а также на собственные научные работы, выполненные как единолично, так и в соавторстве.

В диссертации Надежкиной Снежаны Андреевны отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени

работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Материалы диссертации в полной мере изложены в работах, опубликованных соискателем.

Представленная диссертация «Разработка методики контроля сопротивления токопроводящих стыков рельсовых линий на основе принципов распознавания образов» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Надежкина Снежана Андреевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок (технические науки).

Официальный оппонент Соколов Максим Михайлович, гражданин РФ, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автоматика, и телемеханика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения».

21 мая 2026 г.



Соколов Максим Михайлович

Соколов Максим Михайлович
кандидат технических наук по научной специальности 05.09.03
Электротехнические комплексы и системы (технические науки)
Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ФГБОУ ВО «Омский
государственный университет путей сообщения»
Тел. 8 (3812) 311872 (рабочий)
E-mail: AiT-omgups@mail.ru
Почтовый адрес: 644046, г. Омск, пр-т. Маркса, 35.

Я, Соколов Максим Михайлович, официальный оппонент, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Надежкиной Снежаны Андреевны и их дальнейшую обработку.

Подпись М. М. Соколова заверяю.
Начальник Управления кадров,
делами, и правового обеспечения



Соколов Максим Михайлович

Попова Ольга Николаевна